

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12  
12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 35 951 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 04 N 1/64

21 Aktenzeichen: 198 35 951.9  
22 Anmeldetag: 8. 8. 98  
43 Offenlegungstag: 8. 4. 99

DE 198 35 951 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:

Hill, Bernhard, Prof. Dr.-Ing., 52074 Aachen, DE;  
König, Friedhelm, Dipl.-Ing., 52062 Aachen, DE

72 Erfinder:

gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Multispektrales Farbproduktionssystem mit nichtlinearer Kodierung

57 Die Erfindung bezieht sich auf multispektrale Farbproduktionssysteme, bei denen die spektrale Verteilung des von einem beleuchteten Bild reflektierten Lichtes, welche die Farbinformation enthält, punktweise aufgenommen und in Form einer linearen Zerlegung in gewichtete Basisfunktionen mit Multispektralkoeffizienten als Gewichtungskoeffizienten kodiert und zu einem Bildwiedergabegerät übertragen wird, wo eine Dekodierung erfolgt. Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die große Datenmenge zur Darstellung eines jeden Spektrums ohne Verlust der für einen Beobachter sichtbaren Farbinformation wesentlich zu reduzieren. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß in einem Kodiersystem angepaßt an das menschliche Farbunterscheidungsvermögen die Multispektralkoeffizienten der linearen Spektraldarstellung nichtlinear verzerrt werden, wobei die Verzerrung von allen oder einzelnen dominanten Amplituden der Multispektralkoeffizienten abhängig gemacht wird und in einem Dekodiersystem die Verzerrung wieder rückgängig gemacht wird. Die Erfindung läßt sich durch mehrdimensionale Look-up Tabellen oder durch ein System mit stufenweisen gesteuerten Verzerrungs- und Entzerrungsfunktionen realisieren. Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform mit prädiktiver Kodierung, bei der nur die Differenzen nichtlinear verzerrter Amplituden zu geschätzten Werten übertragen werden.

DE 198 35 951 A 1

Die Erfindung betrifft ein multispektrales Farbbildreproduktionssystem. Multispektrale Farbbildreproduktionssysteme sind seit längerer Zeit bekannt und stellen eine Alternative zu den bekannten Verfahren der Farbbildreproduktionstechnik mit drei Farbkanälen zur Abtastung, Übertragung und Wiedergabe von Farbwertsignalen z. B. auf einem Bildschirm dar.

Ein multispektrales Farbbildreproduktionssystem besteht nach Fig. 1 aus einem multispektralen Scanner 11, einer Kodiereinrichtung 12, einem Übertragungskanal 13, einer Dekodiereinrichtung 14 und einer multispektralen Wiedergabeeinrichtung wie z. B. einem Multispektraldrucker 15 oder einem multispektralen Bildschirm 16. Die von einer breitbandigen Lichtquelle 17 beleuchtete Bildvorlage 18 wird durch den Multispektralscanner 11 Bildpunkt für Bildpunkt abgetastet. Bei diesem Abtastvorgang wird im Scanner aus dem von jedem Bildpunkt der Vorlage reflektierten Licht die spektrale Verteilung gemessen und üblicherweise nach einer Normierung auf die spektrale Verteilung der Lichtquelle 17 in Form von N Abtastwerten dieses Spektrums am Ausgang bereitgestellt. Die Abtastwerte beschreiben dann den spektralen Reflexionsfaktor jedes Bildpunktes der Vorlage 18.

Im Gegensatz zu konventionellen Farbscannern mit drei Farbabtastkanälen und drei Farbsignalen am Ausgang wird hier also die volle spektrale Information eines jeden Bildpunktes durch Abtastwerte dargestellt, wobei die Anzahl von Abtastwerten in der Praxis in der Größenordnung von N = 9 bis N = 16 oder gar N = 32 betragen kann. Eine ausführliche Beschreibung eines multispektralen Scanners findet sich z. B. in dem Patent DE 41 19 489 A1 (1).

In diesem Patent werden auch ausführlich die Vorteile beschrieben, welche diese Aufnahmetechnik gegenüber der konventionellen Technik mit drei Farbkanälen besitzt. Diese liegen wesentlich in der Vermeidung einer Reihe von systematischen Problemen, welche bei der Dreikanaltechnik durch eine unzureichende Nachbildung der theoretischen Farbmischkurven und durch die Metamerieeigenschaften der Farben in Bildern oder natürlichen Szenen zustandekommen. Die oben beschriebene Multispektraltechnik kann grundsätzlich auch für die Reproduktion von natürlichen Bildern anstelle von Bildvorlagen eingesetzt werden.

Die spektrale Information der Bildpunkte eines abgetasteten Bildes wird nach Fig. 1 am Ende einer Reproduktionskette durch einen Multispektraldrucker 15 oder einen sogenannten multispektralen Bildschirm 16 reproduziert. In einem multispektralen Drucker 15 wird z. B. durch einen Mischdruck mit mehr als drei Farben (typisch 6 oder mehr) die spektrale Verteilung des Reflexionsfaktors, wie er in der abgetasteten Bildvorlage 8 vorhanden war, Bildpunkt für Bildpunkt approximiert. Für die Lösung dieses Problems werden zur Zeit sogenannte "Multitintendrucker" entwickelt, wie sie z. B. in (2) beschrieben sind.

Ein wesentliches Problem eines multispektralen Reproduktionssystems besteht in der sehr großen Datenmenge, die für die Beschreibung der spektralen Verteilung des Reflexionsfaktors eines jeden Bildpunktes am Ausgang des Multispektralscanners und für die Übertragung zum Wiedergabegerät notwendig ist. Wird z. B. der typische Wert von 16 Abtastwerten für ein Bild mit 1000 × 1000 Bildpunkten verwendet, dann werden insgesamt zur Bildbeschreibung 16 Millionen Werte benutzt. Wird jeder Wert in einem linearen Binärkode z. B. durch Signale mit 16 bit Auflösung dargestellt, dann benötigt das Bild zur Beschreibung eine Datenmenge von insgesamt 32 MByte. Ein Bild in der Größe einer DIN A4-Seite mit einer typischen Auflösung von 2000 × 3000 Bildpunkten würde entsprechend eine Datenmenge

von 192 MByte erfordern. Demgegenüber benötigt ein vergleichbares DIN A4-Bild im Dreibereichsverfahren nur ca. 18 MByte, also einen Bruchteil des Aufwandes.

Um diesen hohen Datenaufwand zu reduzieren, sind in den vergangenen Jahren Konzepte entwickelt worden, die Spektralinformation in geeigneter Weise so zu kodieren, daß eine geringere Informationsmenge notwendig ist. Diese Konzepte bauen auf Methoden der linearen Algebra auf und werden nach den statistischen Verwandtschaften von spektralen Verteilungen typischer Farben aus der Umwelt, photographischen oder gedruckten Farben in Bildern unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Farbwahrnehmung von menschlichen Beobachtern und unterschiedlichen Beleuchtungssituationen bei der Betrachtung reproduzierter Bilder optimiert.

Ein typisches Verfahren dieser Art ist in (3) dargestellt. Die spektrale Verteilung  $\phi(\lambda)$  über der Wellenlänge  $\lambda$  wird bei diesen Verfahren in eine Summe aus gewichteten sogenannten Basisfunktionen  $b_k(\lambda)$  nach der Formel:

$$\phi(\lambda) = \sum_k a_k \cdot b_k(\lambda)$$

entwickelt. Die Basisfunktionen werden nach einer großen Anzahl von Musterspektren derart optimiert, daß mit einer möglichst geringen Anzahl von überlagerten Basisfunktionen ein möglichst geringer Approximationsfehler des Spektrums entsteht. Ein typisches Verfahren hierzu stellt die Principal Component Analysis (PCA) dar.

Besonders zweckmäßig ist die Verwendung von orthogonalen Basisfunktionen, welche die Bedingung

$$\int_{\text{sichtbarer Bereich}} b_i(\lambda) \cdot b_j(\lambda) d\lambda = 0 \text{ für } i \neq j$$

erfüllen. Dann lassen sich für jedes Spektrum die Gewichtungskoeffizienten  $a_k$  nach der einfachen Formel:

$$a_k = \int_{\text{sichtbarer Bereich}} \phi(\lambda) \cdot b_k(\lambda) d\lambda$$

entwickeln. Die Gewichtungskoeffizienten nennt man Multispektralkoeffizienten  $a_k$ . Die spektrale Farbinformation eines Bildes wird mit diesen Multispektralkoeffizienten dann in dem nachfolgend in Fig. 2 dargestellten Datenformat 21 beschrieben, das an die Stelle des Formates 22 für die Dreifarbandarstellung mit Normfarbwerten oder den bekannten RGB-Komponenten eines konventionellen Dreikanalformates tritt.

Die Praxis zeigt, daß mit dem beschriebenen Verfahren der Kodierung bereits eine effiziente Darstellung ermöglicht wird. Für die meisten in der Praxis vorkommenden Fälle reichen etwa 6 bis 10 Multispektralkoeffizienten für eine ausreichend genaue Beschreibung der spektralen Farbinformation von Bildern aus. Allerdings ist die Gesamtmenge der Information immer noch recht groß, wenn die Genauigkeit berücksichtigt wird, mit der in der Praxis die Multispektralwerte in einem linearen Binärkode dargestellt werden müssen. Eine ausführliche Untersuchung (3) zeigt z. B., daß für die Darstellung der Farbinformation in Bildern pro Bildpunkt immer noch ca. 10 Byte (80 bit) erforderlich sind.

Neben einer Minimierung der Informationsmenge zur Darstellung der Spektralinformation ist ein weiterer wichtiger Punkt zu beachten. Die Einführung einer multispektralen Bildreproduktionstechnik neben der konventionellen Technik mit drei Farbkanälen kann nur dann erfolgreich

sein, wenn eine Kompatibilität zwischen beiden Verfahren vorhanden ist und die Reproduktion eines Bildes aus einer Multispektraldarstellung auch nach dem konventionellen Dreikanalverfahren ohne großen zusätzlichen Rechenaufwand möglich ist. Diese Kompatibilität wird nach dem in (3) vorgeschlagenen Verfahren durch das nachfolgende Datenformat ermöglicht. Nach Fig. 3 werden bei diesem Format die ersten drei Basisfunktionen  $b_1(\lambda)$ ,  $b_2(\lambda)$  und  $b_3(\lambda)$  des orthogonalen Systems als eine lineare Kombination der Grundspektralwertkurven  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$  und  $\bar{z}(\lambda)$  des farbmetrieblichen Normalbeobachters gewählt. Entsprechend sind die zugeordneten Multispektralwerte  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$  im Sinne der Farbmeterik korrekte Farbwerte. Sie können durch eine weitere lineare Transformation der Form

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_{1,1} & t_{1,2} & t_{1,3} \\ t_{2,1} & t_{2,2} & t_{2,3} \\ t_{3,1} & t_{3,2} & t_{3,3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}$$

in beliebige bekannte Farbräume wie z. B. auch in einen standardisierten RGB-Farbraum umgerechnet werden. Dies ist als Beispiel im Datenformat 31 in Fig. 3 dargestellt. Dieses Datenformat besteht demnach aus drei ersten Werten  $\{R, G, B\}$  eines standardisierten Farbraumes und weiteren Multispektralwerten höherer Ordnung, welche zusammen mit den ersten drei Werten die gesamte Spektralinformation kodiert darstellen.

Eine Reproduktion der Farbinformation kann nun entweder so erfolgen, daß nur die ersten drei Werte für eine konventionelle Reproduktion nach dem Dreikanalverfahren genutzt werden oder aber mit einer definierten  $3 \times 3$ -Matrix eine Umrechnung der ersten drei Werte in Multispektralwerte und daraus zusammen mit den Werten höherer Ordnung das gesamte Spektrum eines Bildpunktes für eine multispektrale Reproduktion hoher Qualität dekodiert wird.

Ein wesentlicher Nachteil auch dieses bekannten und mit der konventionellen Farbdarstellung kompatiblen multispektralen Datenformates ist weiterhin, daß eine relativ hohe Informationsmenge in Byte erforderlich ist, um die spektrale Information ausreichend genau zu beschreiben.

Erfindungsgemäß wird daher ein Verfahren vorgeschlagen, welches auf einer zusätzlichen nichtlinearen, d. h. verzerrten Darstellung von Multispektralwerten aufbaut, wobei die Verzerrung die menschliche Wahrnehmung von Unterschieden der Spektralverteilung eines Lichtreizes berücksichtigt und so optimiert wird, daß die kodierten Multispektralwerte nur die durch einen Beobachter wahrnehmbaren Unterschiede beschreiben. Der wesentliche Vorteil dieses Kodierverfahrens gegenüber den bekannten rein linearen Kodierverfahren besteht in einer erheblichen Reduktion der Datenmenge für die Darstellung der Spektralinformation, ohne daß ein für den menschlichen Beobachter sichtbarer Verlust an Spektralinformation oder entsprechender Verlust an Farbinformation in einem Reproduktionssystem durch die Kodierung entsteht.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Fig. 4 bis 7 genauer erläutert und es werden Ausführungsbeispiele angegeben.

Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild eines Kodierers und Dekodierers nach dem Erfindungsgedanken. Grundsätzlich wird die spektrale Information am Eingang des Kodierers in Block 41 zunächst nach dem bekannten Verfahren linear in Basisfunktionen mit den Multispektralwerten  $a_k$  als Gewichtungskoeffizienten zerlegt. Das Ausgangssignal dieses Blockes stellt damit eine lineare Transformation der Spektralverteilung am Eingang mit den Daten im Format 411 dar.

Dann werden die Multispektralkoeffizienten einer nichtlinearen Transformation in Block 42 unterzogen. Am Ausgang des nichtlinearen Kodierers werden die verzerrten Multispektralsignale  $A_k$  im Datenformat 421 ausgegeben.

Diese werden in einem Reproduktionssystem zum Empfangsort übertragen und durchlaufen dort eine entsprechende Dekodierung über eine nichtlineare Entzerrung 43 und eine lineare Dekodierung zur Rekonstruktion der Spektralverteilung in Block 44. Entsprechend dem Ziel der Erfindung besitzen die nichtlinear kodierten Multispektralsignale  $A_k$  eine geringere Amplitudenauflösung, d. h. sie werden durch Werte in bit/Amplitude mit geringerer Wortlänge dargestellt als die Eingangswerte  $a_k$ .

Grundsätzlich kann die Erfindung auch auf ein Eingangsdatenformat angewendet werden, bei dem die ersten drei Multispektralwerte lineare Kombinationen der Grundspektralwertkurven darstellen und damit Kompatibilität zu farbenvalenzmetrischen Farbwerten über die drei ersten Multispektralwerte besteht.

In einer ersten Ausführungsform besteht der Kodierer 42 aus einer Tabelle, welche mit den Eingangswerten  $\{a_1, a_2, \dots, a_k\}$  als Eingangsadressen adressiert wird und jeder Adresse einen Ausgangswert  $\{A_1, A_2, \dots, A_k\}$  mit geringerer Wortlänge zuordnet. Mit diesem Verfahren kann eine bestmögliche Kodierung erreicht werden, wenn für eine große Anzahl von Spektralverteilungen der möglichen im System verarbeiteten Farben und eine große Anzahl von Beobachtern zur Beurteilung der reproduzierten Farben nach der Dekodierung alle Einträge in der Tabelle so optimiert werden, daß eine minimale Wortlänge in bit für die Ausgangswerte des Kodierers  $\{A_1, A_2, \dots, A_k\}$  erreicht wird.

Als Beobachter sind dazu eine repräsentative Auswahl von Personen zu wählen, welche die Schwankungsbreite des natürlichen Farbwahrnehmungsvermögens aus Unterschieden der spektralen Farbpreise widerspiegeln. Ferner müssen verschiedene typische Beleuchtungssituationen für die Betrachtung reproduzierter Bilder einbezogen werden.

Zur Dekodierung wird eine inverse Tabelle verwendet, welche jeder Kombination der nichtlinear verzerrten Werte  $\{A_1, A_2, \dots, A_k\}$  einen Ausgangswert in linearer Kodierung  $\{a'_1, a'_2, \dots, a'_k\}$  zuordnet. Dabei werden natürlich wegen der Reduzierung der möglichen Amplitudenstufen nicht mehr alle möglichen Kombinationen der Amplitudenstufen der Eingangswerte  $\{a_1, a_2, \dots, a_k\}$  wie am Eingang erzeugt, sondern es werden nur Kombinationen ausgegeben, welche von den ursprünglichen Kombinationen durch den Beobachter nicht zu unterscheiden sind.

Dem Vorteil der hohen Genauigkeit dieser globalen Kodierung steht der Nachteil dieser ersten Ausführungsform entgegen, daß die in der Praxis erforderliche Dimension der Tabellen sehr groß wird.

Eine weitere vereinfachte Ausführungsform des nichtlinearen Kodierers ist in Fig. 5 dargestellt. Diese Ausführungsform benutzt eine stufenweise Kodierung und Dekodierung. Die linear kodierten Multispektralwerte  $\{a_1, a_2, \dots, a_k\}$  am Eingang werden stufenweise nichtlinear abgebildet, wobei zweckmäßig mit einem Multispektralwert im Block 51 begonnen wird, welcher den größten Einfluß auf die Farbwahrnehmung besitzt. Anschließend wird in Abhängigkeit dieses ersten verzerrten Multispektralwertes ein weiterer Multispektralwert im Block 53 kodiert, welcher den zweitgrößten Einfluß auf die Farbwahrnehmung besitzt. Danach werden stufenweise die Multispektralwerte mit jeweils fallendem Einfluß auf die Farbwahrnehmung in Abhängigkeit der schon verzerrten Werte höherer Dominanz in den Blöcken 53 bis 5K verzerrt. Die Dekodierung erfolgt in entsprechender umgekehrter Reihenfolge mit den inversen Blöcken 5K' bis 51'.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform einer derartigen stufenweisen Kodierung ist in Fig. 6 skizziert. Bei dieser Ausführungsform wird davon ausgegangen, daß am Eingang ein linear kodiertes kompatibles Datenformat 611 verwendet wird, bei welchem die ersten drei Multispektralwerte den Normfarbwerten XYZ entsprechen. In diesem Datenformat stellt die Y-Komponente das Helligkeitssignal dar.

Es ist bekannt, daß diesen Farbwerten ein angenähert gleichabständiger Farbraum CIELab mit den drei Komponenten  $L^*$  als Helligkeitssignal,  $a^*$  als empfundene Rot-Grün Buntheit und  $b^*$  als empfundene Blau-Gelb Buntheit durch eine analytisch definierte Transformation zugeordnet werden kann (4).

Erfindungsgemäß wird daher in der Ausführungsform nach Fig. 6 vorgeschlagen, die ersten drei Multispektralwerte, welche valenzmetrischen Farbwerten für den definierten Normalbeobachter entsprechen, einer nichtlinearen Verzerrung nach den analytischen Formeln des CIELab-Raumes zu unterziehen und dann zu quantisieren und die weiteren Koeffizienten höherer Ordnung nach dem vorstehenden Prinzip stufenweise nach fallender Reihenfolge ihres Einflusses auf die Wahrnehmung in Abhängigkeit der bereits vorher verzerrten Werte zu kodieren.

Ein Vorteil der Anwendung des CIELab-Raumes ist die heute weltweite Akzeptanz und Anwendung dieses Raumes in der konventionellen Farbproduktionstechnik. Der erfindungsgemäße Gedanke, diesen Farbraum auch vorteilhaft für die Kodierung von Multispektralwerten einzusetzen, ist auch erweiterbar auf die Anwendung beliebiger wahrnehmungsorientierter Farbräume wie z. B. dem standardisierten CIELuv-Raum oder anderen in der Literatur veröffentlichten Farbräumen.

Eine besonders einfache Ausführungsform der Erfindung ist in Fig. 7 dargestellt. Es ist bekannt, daß Unterschiede des spektralen Farbreizes bei hellen Farben sehr viel weniger wahrnehmbar sind als bei dunklen Farben. Dies bedeutet, daß die absoluten Multispektralwerte heller Farben im Vergleich absolut größer sind als für dunkle Farben, andererseits aber nicht mit so hoher Auflösung quantisiert werden müssen, wie die kleineren absoluten Multispektralwerte dunkler Farben, um alle durch einen Beobachter wahrnehmbaren Unterschiede zu erfassen.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 7 wird diese dominante Abhängigkeit von der Helligkeit dadurch ausgenutzt, daß die Kodierung der Multispektralwerte höherer Ordnung linear, aber mit einer durch die Helligkeit gesteuerten Steigung erfolgt. Beispielhaft sind für die Kodierung der ersten drei kompatiblen Multispektralwerte die Komponenten  $L^*$ ,  $a^*$  und  $b^*$  des CIELab-Raumes gewählt. Die Koeffizienten höherer Ordnung werden z. B. durch Größenbereiche des Helligkeitssignales abgestuft über lineare Kennlinien unterschiedlicher Steigung quantisiert, wobei der Tendenz nach die maximale Wortlänge mit der Ordnung des Multispektralkoeffizienten abnehmen kann.

Eine weitere Ausführungsform, die eine besonders hohe Kompression erlaubt, ist in Fig. 8 dargestellt. Diese Ausführungsform wurde bereits in Form einer Simulation realisiert. Wieder wird ein linear kodiertes kompatibles Datenformat (811) verwendet. Wie in der voranstehenden Ausführungsform wird zunächst der visuelle Anteil mit Hilfe des CIE- $L^*a^*b^*$ -Systems kodiert (Block 81). Im Anschluß werden die Komponenten höherer Ordnung in Abhängigkeit von  $L^*$  nichtlinear verzerrt (Blöcke 82a-82d). Fig. 9 zeigt eine typische Verzerrungsfunktion zur Berechnung der verzerrten Multispektralkomponenten  $m_i'$  als Funktion der Helligkeit  $L$  und einer Eingangsgröße  $m_i$ .

Um die Kompression weiter zu verbessern wird anschlie-

ßend ein Prädiktionsverfahren verwendet. Hierzu werden die bereits kodierten Komponenten zur Berechnung eines Schätzwertes für die Komponente der nächsthöheren Ordnung verwendet.

Die Blöcke 83a-83d stellen die zugehörigen Schätzer dar. Im einfachsten Fall besteht ein solcher Schätzer aus einer Tabelle (LUT) in welcher typische Schätzwerte für jede Kombination von Eingangswerten abgelegt sind. Diese Schätzwerte werden als Mittelwerte aus einer großen Anzahl von typischen Spektren vorberechnet. An Stelle einer Tabelle kann ein Schätzer auch als neuronales Netz realisiert sein, welches mit einer großen Anzahl von Testfarben so trainiert wird, daß die jeweils wahrscheinlichsten Werte ausgegeben werden. Schließlich kann auch noch ein analytisches Verfahren verwendet werden, indem man beispielsweise ein Polynom n. Ordnung so optimiert, daß es die Testfarben möglichst genau annähert.

Nach der Schätzung wird nur noch die Differenz zwischen dem geschätzten Wert und dem tatsächlich gemessenen Wert (Datenformat 812) übertragen. Auf der Empfangsseite wird wiederum eine Schätzung durchgeführt (Blöcke 84a-84n), auf die die übertragenen Werte aufsummiert werden. Im Anschluß daran wird eine inverse nichtlineare Verzerrung durchgeführt (Blöcke 85a-85n) um die linearen multispektralen Komponenten zu rekonstruieren. Abschließend wird mit Block 86 noch der visuelle Anteil des übertragenen Spektrums rekonstruiert.

In der Simulation läßt sich mit diesem Verfahren die zur Übertragung notwendige Datenmenge von ca. 80 bit/Spektrum auf etwa 45 bit/Spektrum reduzieren. Verglichen mit der typischen Datenmenge von 24 bit pro Bildpunkt für ein Dreikanalsystem ( $3 \cdot 8$  bit) wird dann also nur noch knapp das Doppelte an Datenmenge für das multispektrale System benötigt.

#### Literaturverzeichnis

- 1) B. Hill und F. W. Vorhagen, Multispektrales Farbbildaufnahmesystem, Patent DE 41 19 489 A1, 1991
- 2) R. S. Berns, Challenges for Color Science in Multimedia Imaging, Proc. CIM'98 Colour Imaging in Multimedia, 1998, Derby, UK, 123-133
- 3) F. König und W. Praefcke, A multispectral scanner, Proc. CIM'98 Colour Imaging in Multimedia, 1998, Derby, UK, 63-73
- 4) CIE 1986a, Colorimetry. CIE Pub. 15.2., 2nd ed., Commission International de L'Eclairage, Vienna, 29-30

#### Patentansprüche

1. Multispektrales Farbproduktionssystem mit einer Aufnahmeeinheit zur Messung der Spektralinformation von Farben mit einem spektralen Farbscanner und einem Kodier- und Dekodiersystem für eine effiziente digitalisierte Darstellung der Spektralinformation durch Multispektralwerte in einem Datenformat von K Werten, wobei die ersten drei Werte zur Wahrung einer Kompatibilität mit konventionellen Dreibereichsverfahren der Farbproduktionstechnik lineare Kombinationen von farbvalenzmetrischen Farbwerten darstellen können und die Multispektralwerte Gewichtungswerte einer linearen Zerlegung der Spektralverteilungen in eine Überlagerung definierter Basisfunktionen sind und die Basisfunktionen auch orthogonal definiert sein können, dadurch gekennzeichnet, daß die K linearen Multispektralwerte im Kodierer zusätzlich nichtlinear

verzerrt und dann mit geringerer Wortlänge dargestellt werden und im Dekodierer invers nichtlinear entzerrt werden und die Verzerrungs- bzw. Entzerrungskennlinien jedes einzelnen Wertes von den Werten aller anderen Multispektralwerte abhängig gemacht werden können. 5

2. Multispektrales Farbproduktionssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die nichtlineare Verzerrung und die Zuordnung zu binär kodierten Worten im Kodierer bzw. die Entzerrung der K Multispektralwerte im Dekodierer über eine K-dimensionale Tabelle mit den Multispektralwerten als Eingangsadressen und den verzerrten Werten als Einträge zu den Adressen aufgebaut ist und die Entzerrung durch eine entsprechende inverse Tabelle ausgeführt wird. 10 15

3. Multispektrales Farbproduktionssystem nach Anspruch 1 und oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die nichtlineare Verzerrung und Zuordnung von binären Worten bzw. die Entzerrung der K Multispektralwerte im Dekodierer stufenweise ausgeführt wird, wobei mit dem Multispektralwert des größten Einflusses auf die Wahrnehmbarkeit begonnen und alle weiteren Multispektralwerte nach fallendem Einfluß auf die Wahrnehmbarkeit und in Abhängigkeit der vorher verzerrten Werte quantisiert werden können und im Dekodierer die entsprechenden inversen Operationen stufenweise ausgeführt werden. 20 25

4. Multispektrales Farbproduktionssystem nach den Ansprüchen 1 und/oder 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß drei der linear kodierten Eingangswerte der nichtlinearen Verzerrung eine lineare Transformation von farbvalenzmetrischen Farbwerten wie z. B. den Normfarbwerten XYZ oder den RGB-Werten eines standardisierten RGB-Farbraumes darstellen und damit durch drei Multispektralwerte Kompatibilität zu konventionellen Dreikanalfarbsystemen besteht. 30 35

5. Multispektrales Farbbildproduktionssystem nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine stufenweise Kodierung und Dekodierung entsprechend Anspruch 3 derart erfolgt, daß aus den bereits kodierten und verzerrten Werten Schätzwerte für die jeweiligen Werte höherer Ordnung gebildet werden, und nur die Differenzen zwischen den geschätzten und den aktuellen Werten übertragen werden und im Dekodierer die Schätzwerte den Differenzen stufenweise wieder hinzugefügt werden und daraus nach inverser Entzerrung die Ausgabewerte als Multispektralwerte gebildet werden. 40 45

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

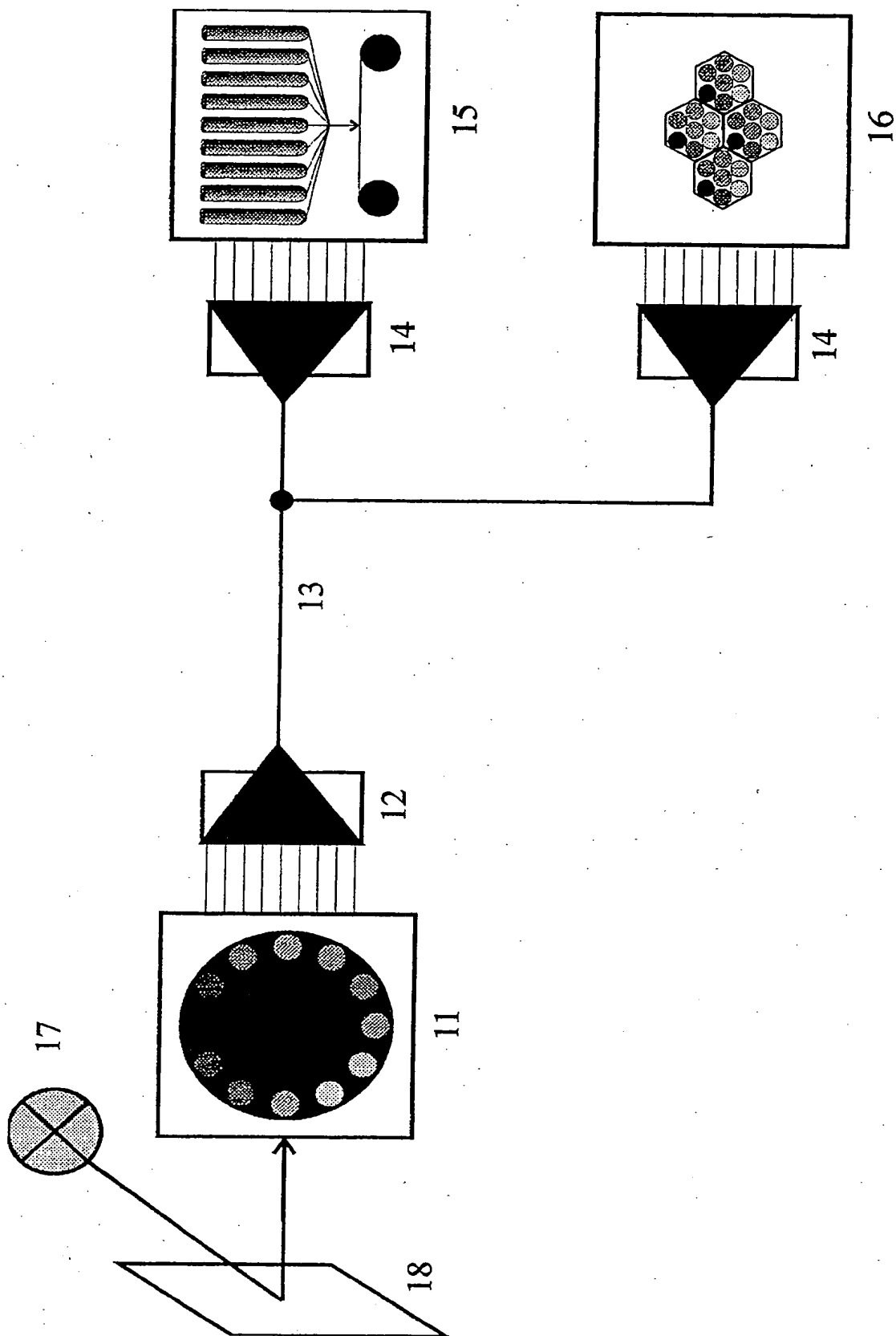
---

50

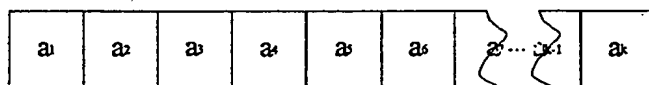
55

60

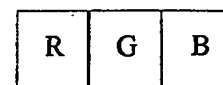
65



Figur 1

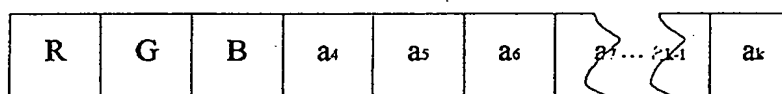


21



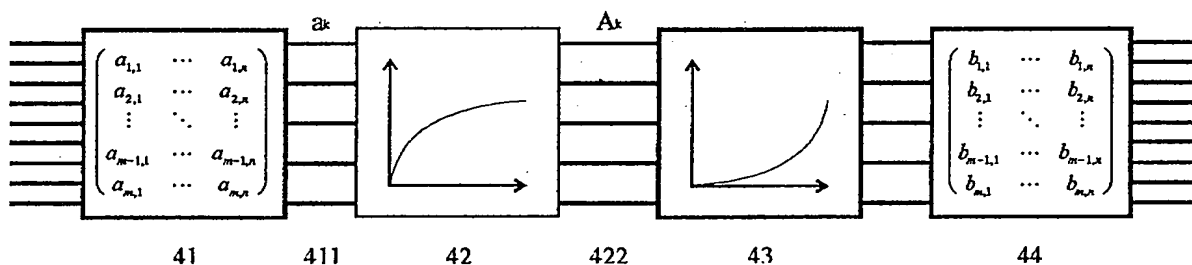
22

Figur 2

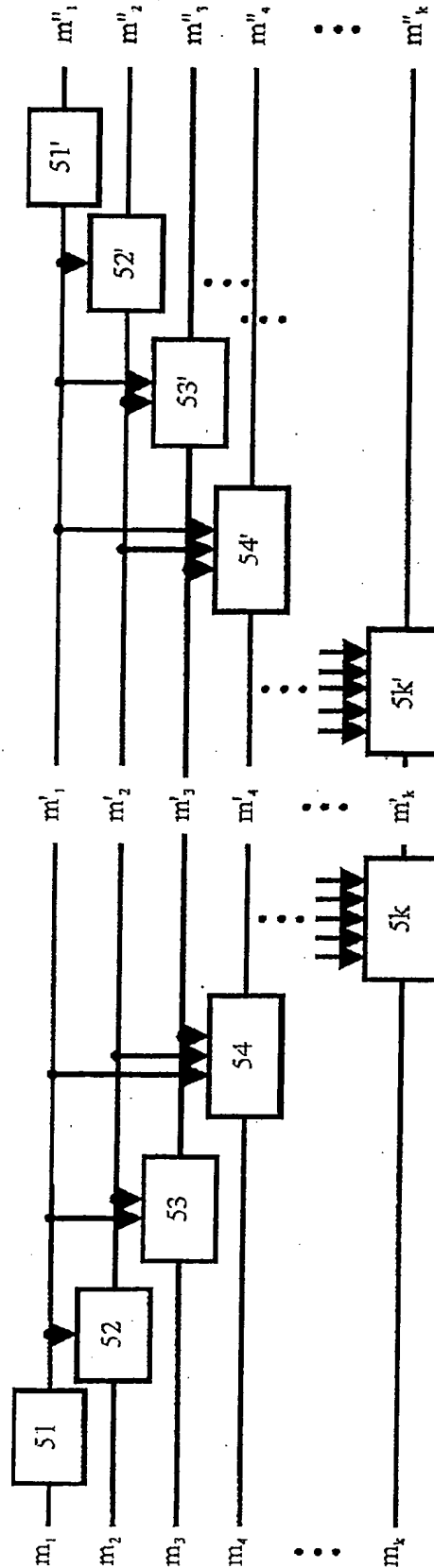


31

Figur 3

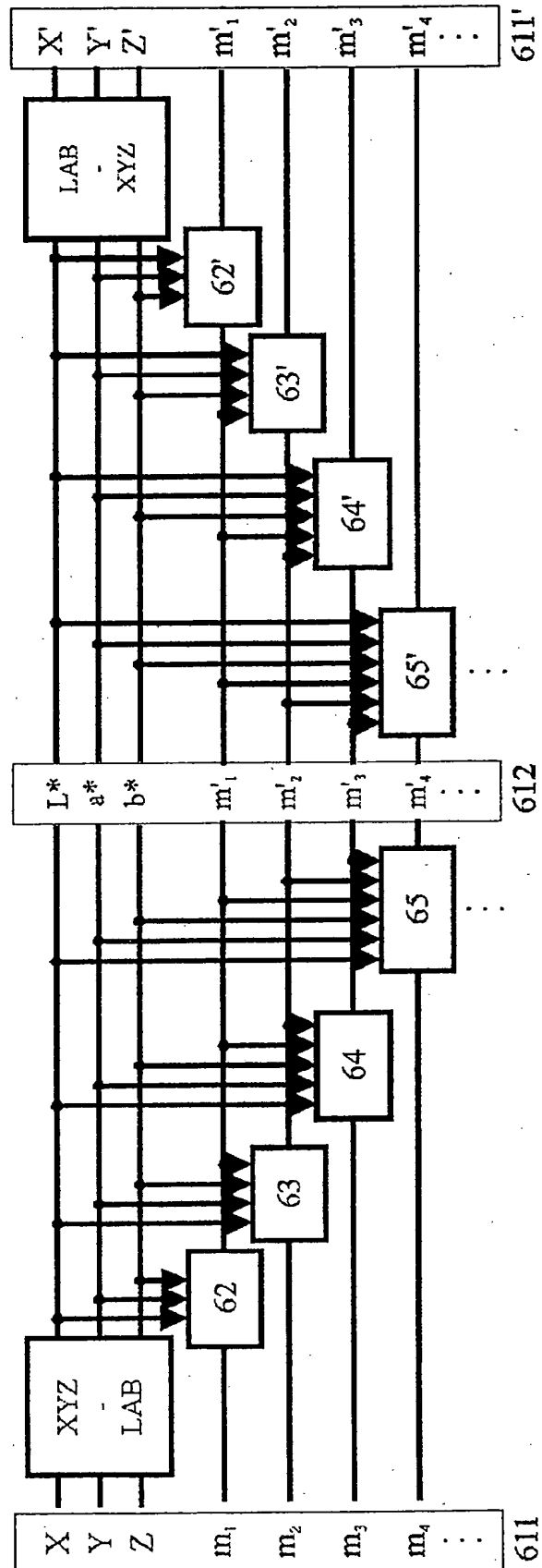


Figur 4

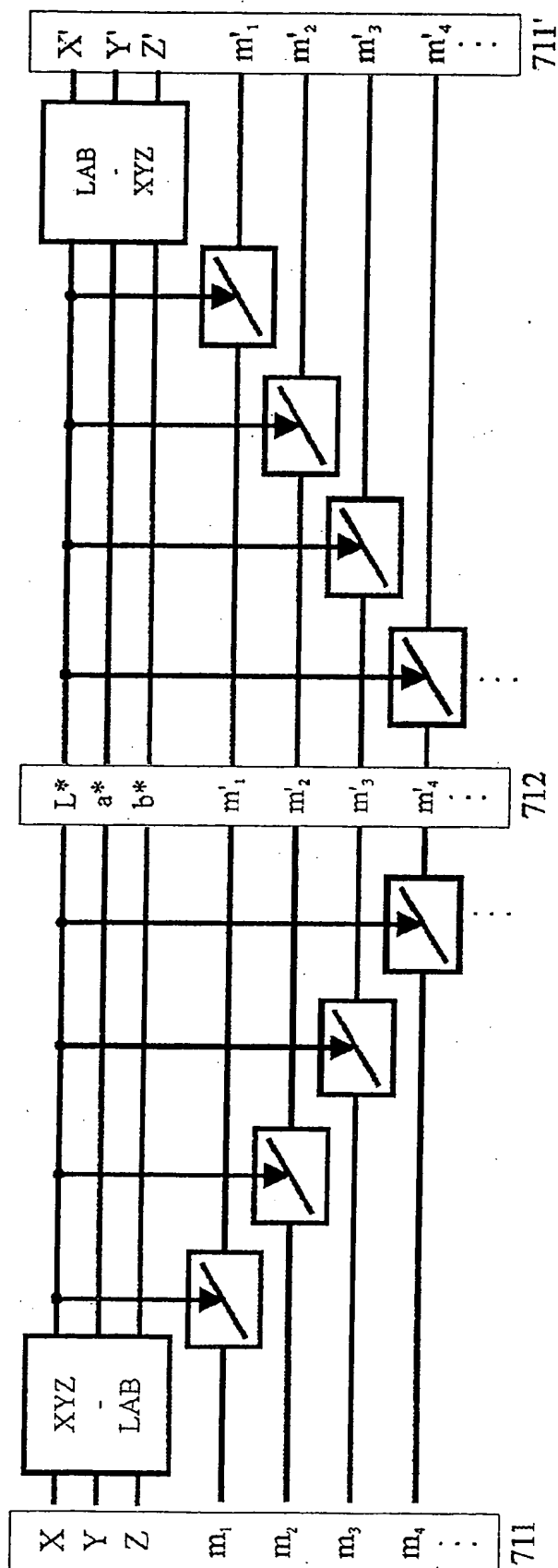


Figur 5

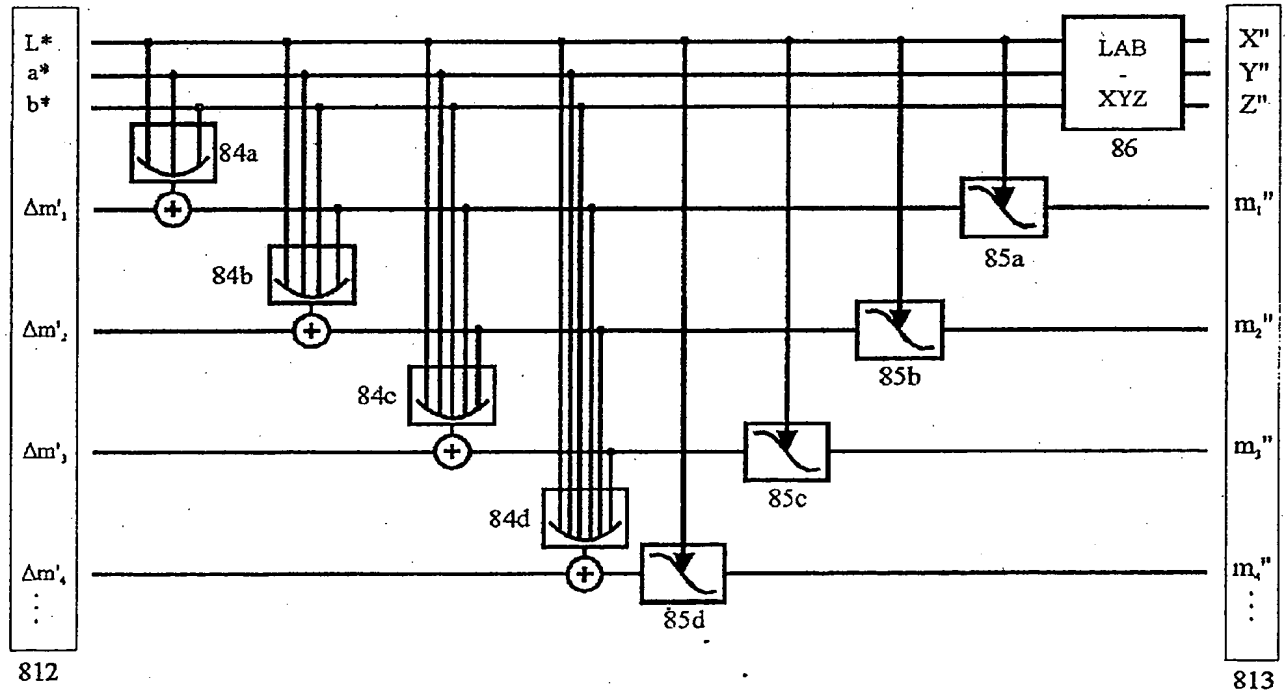
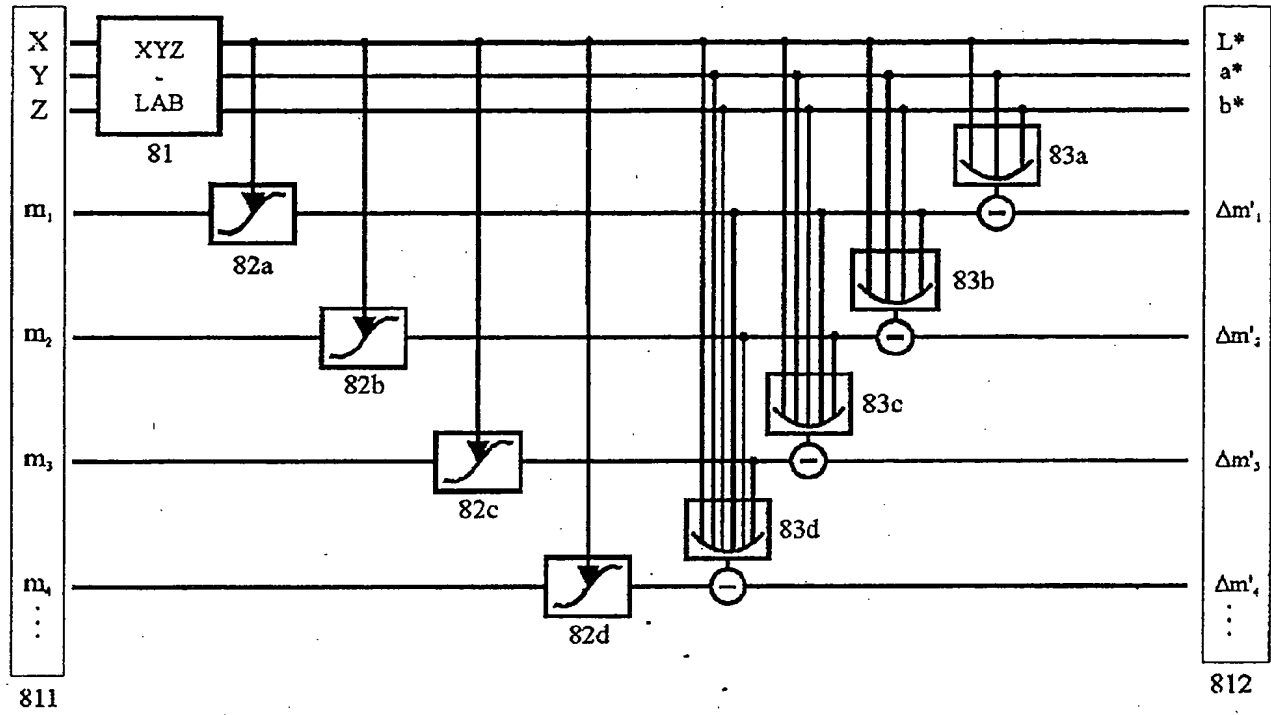




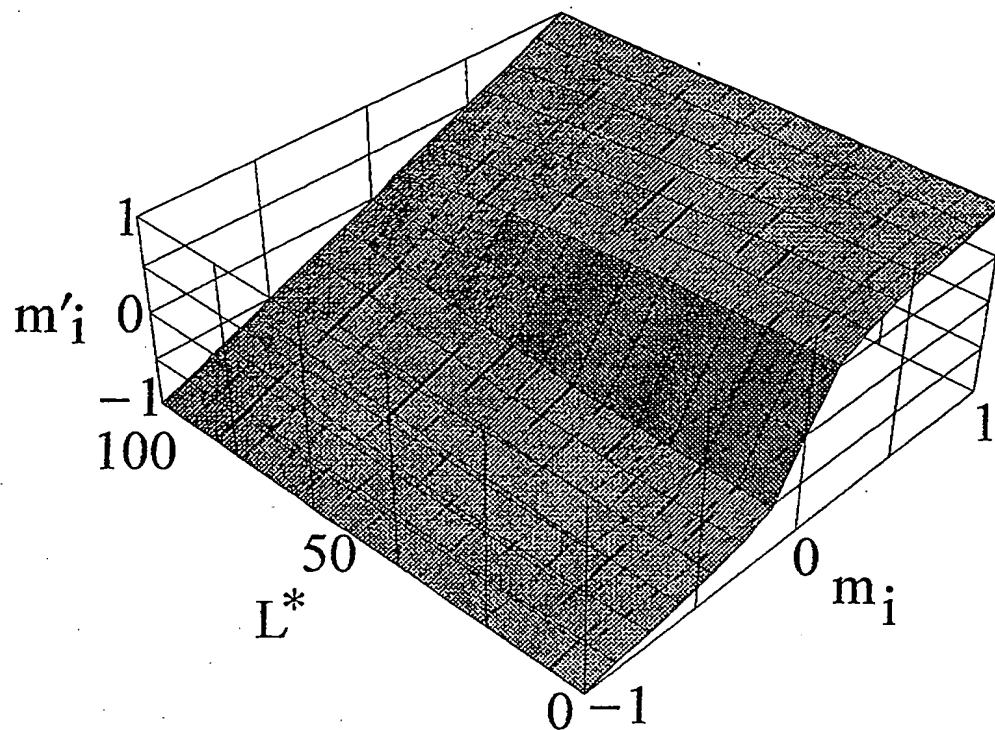
Figur 6



Figur 7



Figur 8



Figur 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

---

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**